

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
8. März 2001 (08.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/15880 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B29C 44/34**

M.B.H. [AT/AT]; Ludwig-Engel-Strasse 1, A-4311 Schwertberg (AT).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/AT00/00236**

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:  
31. August 2000 (31.08.2000)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STEINBICHLER, Georg** [AT/AT]; Boder 59, A-8786 Rottenmann (AT).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(74) Anwälte: **TORGGLER, Paul** usw.; Wilhelm-Greilstrasse 16, A-6020 Innsbruck (AT).

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(81) Bestimmungsstaat (national): **US.**

(30) Angaben zur Priorität:  
GM 584/99 31. August 1999 (31.08.1999) **AT**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

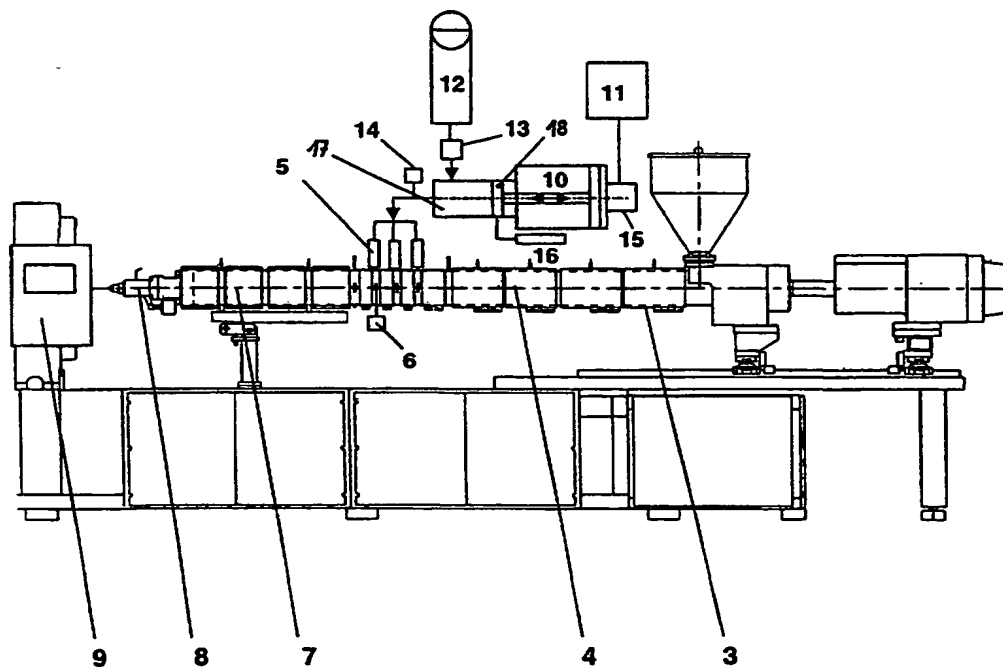
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ENGEL MASCHINENBAU GESELLSCHAFT**

Veröffentlicht:  
— Mit internationalem Recherchenbericht.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **DEVICE FOR ADMIXING GAS TO A PLASTIC MELT**

(54) Bezeichnung: **EINRICHTUNG ZUR BEIMISCHUNG VON GAS ZU EINER KUNSTSTOFFSCHMELZE**



(57) Abstract: The invention relates to a device for admixing supercritical and thus largely incompressible gas to a plastic melt. Said device comprises gas injectors (5) which open into the mixing stage of a worm (4) which is also used for plasticizing the plastic, whereby a dosing piston (18) is mounted directly in front of the gas injectors (5). The advancing speed of the dosing piston (18) is greater than the reversing speed of the worm (4) during the plasticizing process.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/15880 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Einrichtung zur Beimischung von superkritischem und daher weitgehend inkompressiblem Gas zu einer Kunststoffschmelze, mit Gasinjektoren (5), welche in die Mischstufe einer auch zur Plastifizierung des Kunststoffes dienenden Schnecke (4) münden, wobei den Gasinjektoren (5) ein Dosierkolben (18) unmittelbar vorgelagert ist, dessen Verlaufgeschwindigkeit umso grösser ist, je grösser die Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (4) beim Plastifizierungsvorgang ist.

## EINRICHTUNG ZUR BEIMISCHUNG VON GAS ZU EINER KUNSTSTOFFSCHMELZE

Bereits Mitte der 60-iger Jahre wurden Verfahren zur Herstellung von Strukturschaumteilen aus thermoplastischen Kunststoffen entwickelt. Unter Verwendung dieser Verfahren entstehen Formteile mit einer mehr oder weniger kompakten Außenhaut und einem geschlossenzelligen geschäumten Kern. Für Anwendungen besonders interessant ist die mögliche Gewichtseinsparung und die Steifigkeitserhöhung bei gleichem Bauteilgewicht.

Grundsätzlich unterscheiden sich die bekannten Verfahren in folgenden Punkten:

- Einsatz von chemischem oder physikalischem Treibmittel,
- Schmelzefüllung des Werkzeuges mit oder ohne Gasgegendruck,
- Arbeitsweise mit oder ohne Formhohlraumveränderung für den Aufschäumvorgang und
- Verwendung eines Werkzeugkühl- oder kombinierten Heiz-Kühlsystems.

Beim klassischen TSG-Verfahren (Thermoplast-Schaumspritzgußverfahren) werden vor allem mit chemischen Treibmitteln versehene Thermoplastschmelzen mit hoher Geschwindigkeit eingespritzt. Der Werkzeughohlraum wird nur teilweise gefüllt - die Restfüllung bzw. Ausformung der Bauteilgeometrie erfolgt durch den Expansionsdruck des Treibmittels. Da chemische Treibmittel nur Schäumdrücke bis zu 30 bar aufbringen, ist das Verfahren hinsichtlich Wanddicke und überwindbarer Fließwege sowie Ausformung komplexerer Bauteilgeometrien begrenzt.

Chemische Treibmittel sind Substanzen, die sich unter Wärmeeinwirkung zersetzen und dabei gasförmige Zersetzungsprodukte abgeben, die den Schäumvorgang bewirken. Physikalische Treibmittel für das Schaumspritzgießen sind in der Kunststoffschmelze gelöste inerte Gase wie zB Stickstoff oder bei niedriger Temperatur verdampfte Flüssigkeiten. Damit ist man vom Temperaturzersetzungsbereich chemisch wirkender Treibmittel unabhängig und kann

auch ansonsten gegen Schaltprodukte chemischer Treibmittel empfindliche Kunststoffe verschäumen.

Versetzt man die verwendeten inerten Gase wie zB Stickstoff oder CO<sub>2</sub> vor der Zudosierung in einen superkritischen Zustand, wie dies in US-A 4,473,655 und US-A 5,160,674 gelehrt wird, gelingt es, eine besonders gleichmäßig verteilte Zellstruktur zu erzeugen.

Dieser superkritische Zustand eines Gases bietet für den Schäumprozeß folgende Vorteile:

- Flüssigkeitsähnliche geringe Kompressibilität für eine mengenmäßig genaue Dosierung
- Hohe Löslichkeit und Diffusionsgeschwindigkeit für gleichmäßige Verteilung und Lösung des Gases in der Schmelze.

Die wesentlichen Prozeßschritte des Mikrostrukturschäumverfahrens sind:

- Homogenes Aufschmelzen des Kunststoffes im Barrierschneckenenteil
- Genaue mengenmäßige Zudosierung des in den superkritischen Zustand versetzten Gases über Gasinjektoren im Massezylinder
- Feine Verteilung und Lösung des Gases in der Polymerschmelze in der Schneckenmischzone
- Bildung fein dispergierter Nukleierungskeime durch den Druckabfall beim beginnenden Werkzeugfüllvorgang
- Zellbildung durch Ausfall von gelöstem Gas aus der Schmelze während des Werkzeugfüllvorganges
- Zellwachstum durch den wirkenden Gasdruck in der Abkühlphase durch Schwindungskompensation.

Die wesentlichen Vorteile des Verfahrens sind:

- Durch Einsatz des „superkritischen Fluids“ als physikalisches Treibmittel wird die Viskosität der Schmelze deutlich herabgesetzt. In Extremfällen reduziert sich der Einspritzdruck bis auf 50 % bei gleicher Massetemperatur. Realisierbare Fließweg-

Wanddick nverhältniss können auch für schwerer fließende Kunststoffe deutlich gesteigert w rden.

- Durch die verbesserte Fließfähigkeit und den intern über den Gasdruck wirkenden Nachdruck kann die benötigte Schließkraft je nach Anwendungsfall bis auf 60 % reduziert werden.

- Der intern wirkende Gasdruck übernimmt die Nachdruckfunktion - Einfallstellen auch am Fließwegende sind dadurch vermeidbar. Bei geringerem Schäumgrad ist trotz schlechterer Wärmeleitfähigkeit die Möglichkeit zur Kühlzeiteinsparung gegeben. Dies vor allem dann, wenn die in die Nachdruckphase ansonsten noch eingeschobene Schmelzmenge die Kühlzeit bestimmt.

- Bei gleicher gewünschter Fließfähigkeit kann die Verarbeitungstemperatur deutlich gesenkt und damit auch die Kühlzeit verkürzt werden.

- Der geringere Fülldruck und die gleichmäßigere Druckverteilung aufgrund des wirkenden Gasdruckes ohne partieller Nachdruckeinwirkung reduziert Verzugsprobleme auf ein Minimum.

In Fig. 1 wird die derzeit für das beschriebene Verfahren verwendete, den Stand der Technik darstellende Einrichtung beschrieben. Es handelt sich um eine Einrichtung zur Beimischung von komprimiertem Gas zu einer Kunststoffschmelze mit Gasinjektoren, welche in die Mischstufe einer auch zur Plastifizierung des Kunststoffes dienenden Schnecke münden mit folgenden wesentlichen Bestandteilen:

1 Gasversorgung aus Flaschen, Flüssiggastank oder Gasgewinnungsanlage durch Luftzerlegung

2 Gasaufbereitungsanlage mit Verdichter und Gasmengendosiereinheit

3 Massezylinder

4 Schnecke mit Plastifizierteil und nachgeschalteter Treibmittel-Mischstufe

5 Gasinjektoren

6 Massedrucksensor

7 Luftgekühlte Heizbänder in der Mischstufe

8 Verschußdüse

9 Maschinensteuerung mit verfahrensspezifischer Software.

Entscheidend für den Schäumvorgang ist die gleichmäßige Gasmengenzudosierung über die Gasinjektoren in die Schmelze. Beim bekannten Verfahren erfolgt die Gasmengendosierung über Meßzellen und Mengenregelventile in der Gasaufbereitungsanlage 2. Dabei muß das Gas über längere Schlauch- und/oder Rohrverbindungen zu den Gasinjektoren 5 geleitet werden. Es kommt zu Dosierungsungenauigkeiten aufgrund der Kompressibilität und Druckverlusten in den Leitungen. Weiters gibt es keine Rückkopplung zwischen Schmelzeförderleistung oder Plastifizier- und Mischschnecke und der Gasmengendosiereinheit in der Gasaufbereitungsanlage. Bei zeitlich auftretenden Förderleistungsunterschieden in der Schnecke wird immer die gleiche Gasmenge zudosiert. Unterschiedliche Gasmengen in einem betrachteten Schmelzvolumenselement sowie partiell unterschiedliche Schäumgrade im Bauteil sind die Folge.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß nach dem Erreichen des superkritischen Zustandes das Gas sich weitgehend wie eine Flüssigkeit verhält und seine Dichte im Rahmen der auftretenden Druckunterschiede in guter Näherung als konstant angesehen werden kann. Das erlaubt eine genau dosierte Gasbeimischung mit einfachen konstruktiven Mitteln, indem vorgesehen wird, daß den Gasinjektoren ein Dosierkolben unmittelbar vorgelagert ist, dessen Verlaufsgeschwindigkeit umso größer ist, je größer die Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke beim Plastifizierungsvorgang ist.

Ein Ausführungsbeispiel einer derartigen Einrichtung wird anschließend anhand von Fig. 2 beschrieben.

25

Die Gasmengenzudosierung erfolgt über einen durch ein Hydraulikaggregat 11 angetriebenen Druckübersetzer 10. Der Druckübersetzer ist in unmittelbarer Nähe der Gasinjektoren 5 am Massezylinder 3 montiert, um kürzeste Leitungslängen und damit auch geringste Totvolumina zu haben. Die Versorgung des Druckübersetzers 10 mit Gas (zB  $N_2$  oder  $CO_2$ ) erfolgt über eine Gasvorverdichtereinheit 12 oder direkt aus Gasflaschen, Flüssigkeitstanks oder Luftzerlegungsanlagen. Der Druckübersetzer kann auch die Gasverdichtungsaufgabe übernehmen. Damit kann auf eine zusätzliche Gasvorverdichtereinheit verzichtet werden.

30

## Verfahrensablauf:

- Das Gaseinströmventil 13 am Druckübersetzer 10 wird geöffnet, das Gas strömt in den Druckübersetzerraum ein. Der Druckübersetzer wird durch das einströmende Gas oder auch mit hydraulischer Unterstützung zurückgedrückt und dabei das Öl auf der Hydraulikseite aus dem Kolben auf Tank ausgeschoben.
- Mit Erreichen der Kolbenendlage wird das Gaseinströmventil 13 geschlossen.
- Die Verdichtung des Gases im Druckübersetzer 10 erfolgt durch eine hydraulisch gesteuerte oder geregelte Vorfahrbewegung bis ein an der Maschinensteuerung 9 eingestellter Gasdruck erreicht wird. Die Messung des aktuellen Gasdruckes erfolgt über den Gasdrucksensor 14.
- Mit Beginn des Plastifizier- und Schmelzdosiervorganges durch Start der Schneckendrehbewegung wird der erste Gasinjektor 5 geöffnet und abhängig von der gemessenen Schneckenrücklaufgeschwindigkeit die Kolbenvorlaufgeschwindigkeit des Druckübersetzers 10 über ein Regelventil 15 geregelt, um eine an der Steuerung voreingestellte Gasmenge in den Massezylinder der Spritzgießmaschine einzupressen.
- Bei Erreichen einer bestimmten Schneckenposition wird der nächste Gasinjektor 5 geöffnet. Über den Drucksensor 6 wird der herrschende Schmelzedruck im Massezylinder in der Nähe der Gasinjektoren gemessen. Der gemessene Schmelzedruck für den Schmelztransport durch die Gasmischzone und zur Überwindung des Staudruckes (eingestellter Gegendruck für die Rückwärtsbewegung der Schnecke) liefert die notwendige Information über die erforderliche Druckhöhe für die Vorverdichtung des Gases. Damit wird erreicht, daß das Gas im Druckübersetzer 10 nicht mehr stark verdichtet werden muß, bevor Gas gegen den herrschenden Schmelzedruck (zB 200 bar) eindosiert wird.
- Der im Druckübersetzer gemessene Gasdruck und der gemessene Schmelzedruck können für die Überwachung des Schmelze- und Gasdosierprozesses herangezogen werden. Die Prozeßgrafik in der Maschinensteuerung 9 erfaßt die Druckverläufe und überwacht die Reproduziergenauigkeit des Dosierprozesses über ein vorgegebenes Toleranzfeld.
- Die eingepreßte Gasmenge wird über eine Gasdichtefunktion in Abhängigkeit von Druck und Temperatur für jeden Schmelzdosierzyklus ermittelt und anhand

einstellbarer GröÙenwerte über die Maschinensteuerung 9 überwacht. Dafür ist der Druckübersetzer mit einem Wegmeßsystem 16 ausgerüstet.

- Mit Ende des Schmelzdosiervorganges wird der letzte Gasinjektor geschlossen und die Schmelze unter einem bestimmten Druck gehalten, um ein vorzeitiges Aufschäumen zu vermeiden.

5

Mit der Druckübersetzerlösung können auch mehrere Spritzgießmaschinen ohne Verwendung einer Gasaufbereitungseinheit an jeder Spritzgießmaschine über Gasringleitungen versorgt werden.

## Patentanspruch :

1. Einrichtung zur Beimischung von superkritischem und daher weitgehend inkompressiblem Gas zu einer Kunststoffschmelze, mit Gasinjektoren, welche in die Mischstufe einer auch zur Plastifizierung des Kunststoffes dienenden Schnecke münden, dadurch gekennzeichnet, daß den Gasinjektoren (5) ein Dosierkolben (18) unmittelbar vorgelagert ist, dessen Verlaufgeschwindigkeit umso größer ist, je größer die Rücklaufgeschwindigkeit der Schnecke (4) beim Plastifizierungsvorgang ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Dosierkolben (18) Teil eines Druckübersetzers (10) ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sensor (6) zur Messung des Schmelzdruckes vorgesehen ist.



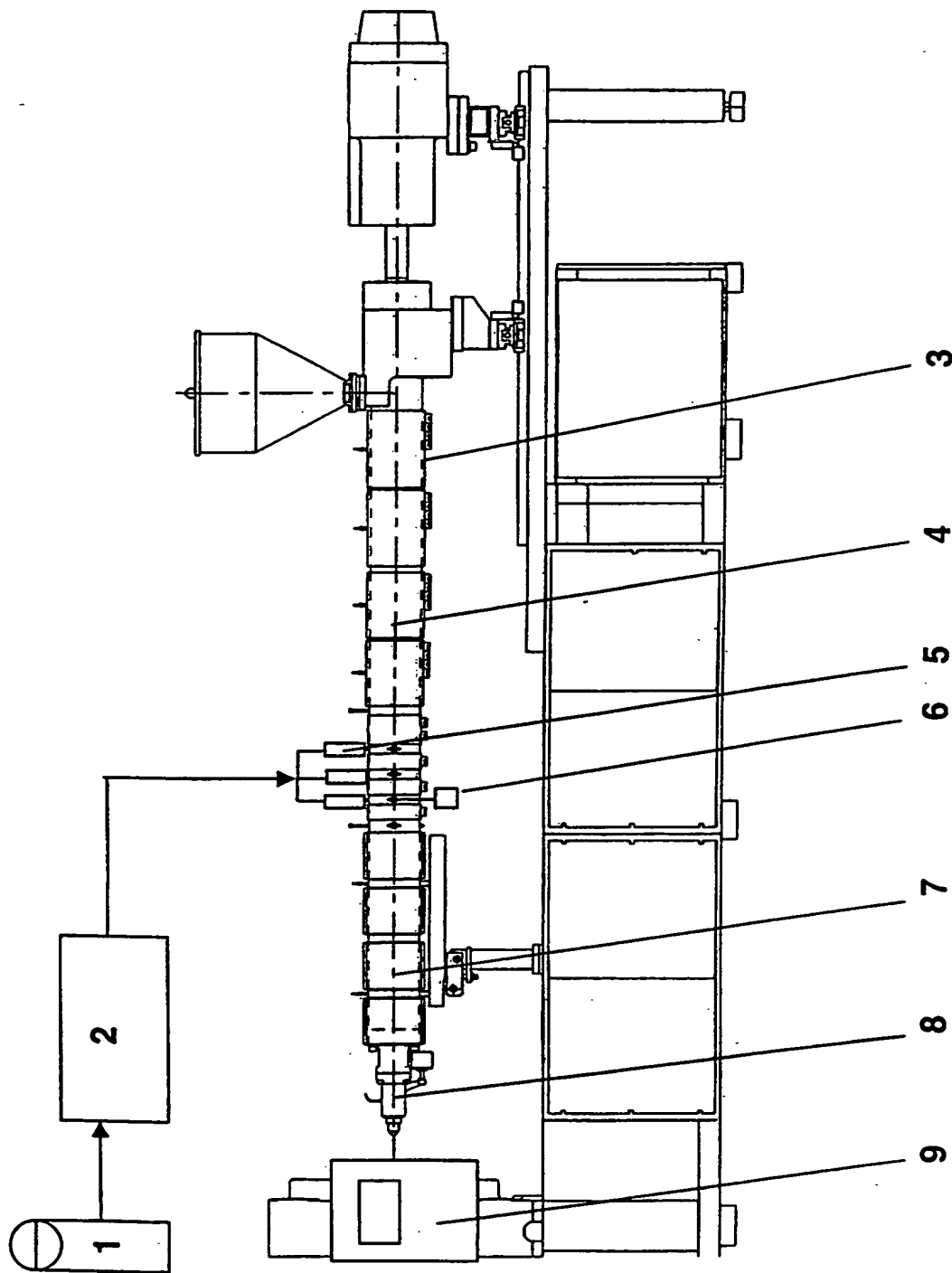


Fig. 1



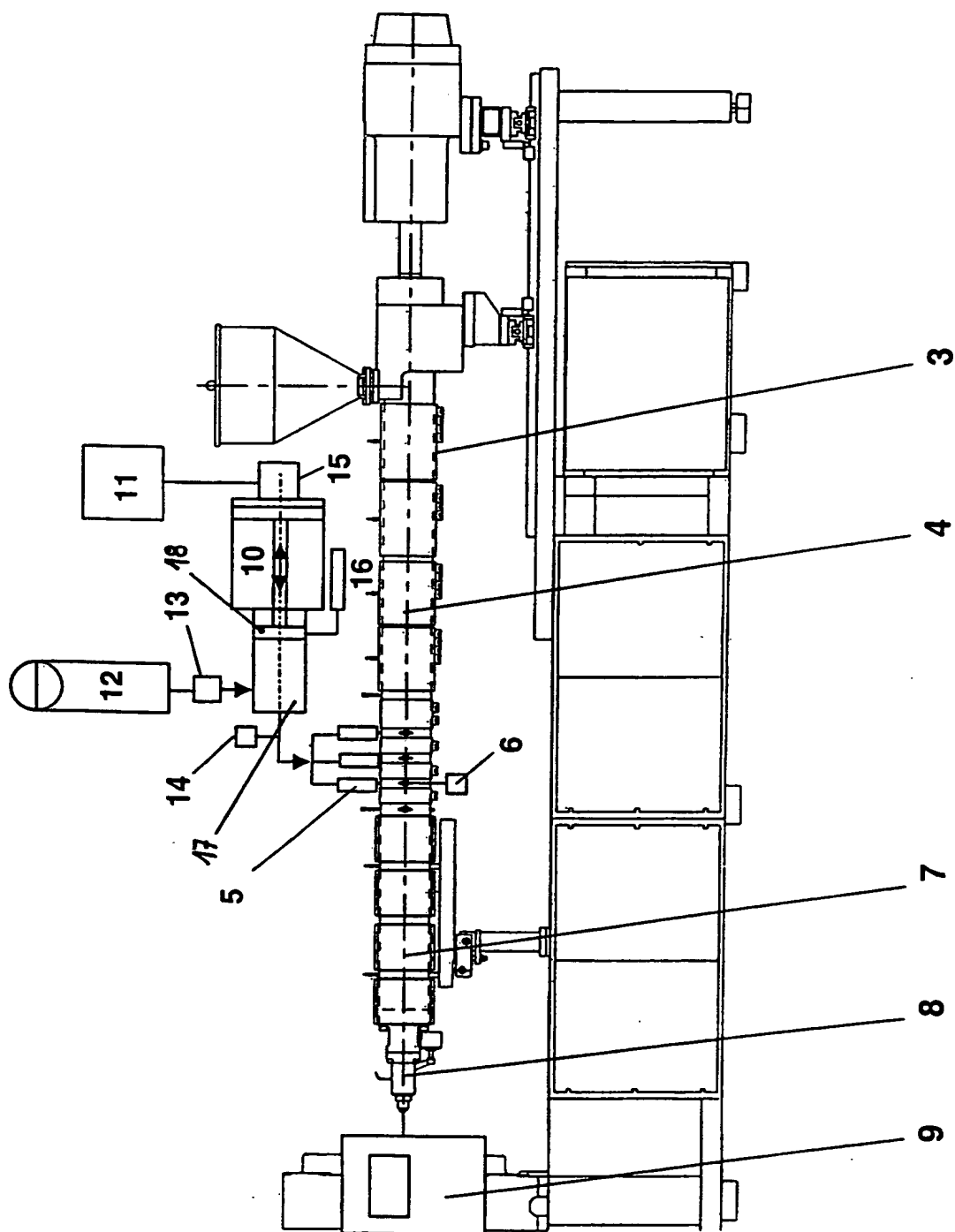


Fig. 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/AT 00/00236

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 B29C44/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 866 053 A (PARK CHUL B ET AL) 2 February 1999 (1999-02-02) column 6, line 49 -column 7, line 13; figures 2-4	1,2
A	EP 0 486 957 A (LINDE AG) 27 May 1992 (1992-05-27) page 3 -page 4; figure	1-3
A	BALDWIN D F ET AL: "MICROCELLULAR SHEET EXTRUSION SYSTEM PROCESS DESIGN MODELS FOR SHAPING AND CELL GROWTH CONTROL" POLYMER ENGINEERING & SCIENCE, SOCIETY OF PLASTICS ENGINEERS, US, vol. 38, no. 4, April 1998 (1998-04), pages 674-688, XP000851372 ISSN: 0032-3888 figure 2	3

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 December 2000

Date of mailing of the international search report

11/12/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pipping, L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/AT 00/00236

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5866053	A	02-02-1999	US 6051174 A	18-04-2000
EP 0486957	A	27-05-1992	DE 4036991 A	21-05-1992
			PT 99544 A	31-12-1993

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 B29C44/34

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 B29C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 866 053 A (PARK CHUL B ET AL) 2. Februar 1999 (1999-02-02) Spalte 6, Zeile 49 - Spalte 7, Zeile 13; Abbildungen 2-4	1,2
A	EP 0 486 957 A (LINDE AG) 27. Mai 1992 (1992-05-27) Seite 3 - Seite 4; Abbildung	1-3
A	BALDWIN D F ET AL: "MICROCELLULAR SHEET EXTRUSION SYSTEM PROCESS DESIGN MODELS FOR SHAPING AND CELL GROWTH CONTROL" POLYMER ENGINEERING & SCIENCE, SOCIETY OF PLASTICS ENGINEERS, US, Bd. 38, Nr. 4, April 1998 (1998-04), Seiten 674-688, XP000851372 ISSN: 0032-3888 Abbildung 2	3



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Dezember 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

11/12/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pipping, L

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 00/00236

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5866053	A	02-02-1999	US	6051174 A	18-04-2000
EP 0486957	A	27-05-1992	DE	4036991 A	21-05-1992
			PT	99544 A	31-12-1993